

文章编号:1005-3026(2005)12-1192-04

可转换债券的最优发行策略设计

王竹芳, 潘德惠

(东北大学 工商管理学院, 辽宁 沈阳 110004)

摘 要: 综合考虑可转换债券发行条件中所涉及的相关因素,以公司总价值最大化为目标,建立了转换速率与公司资产变化量之间的关系模型.运用泛函变分原理,求出最优转换速率,并且进一步得到可转换债券的最优发行策略,为可转换债券发行条件的设计提供了一种新的方法.以首钢转债为例,利用该方法分析了票面利率和最优转股期限对初始转股溢价率的影响,得出的结论与发行公司对可转换债券发行条款的实际运用一致,证明了该方法的有效性.

关 键 词: 可转换债券; 发行条件; 最优策略; 泛函; 变分法; 欧拉方程

中图分类号: F 830 文献标识码: A

对发行人来说,可转换公司债券的顺利发行并成功转换有重要意义^[1].可转换债券的特性使其比普通债券发行更复杂,不仅因为它要支付定期利息,而且它还包括一个双重期权,一方面持有者可以按照自己的标准将其转换为普通股票,另一方面发行公司有赎回的权利,双方面的最优策略互相依赖^[2].

迄今为止,有很多专家和学者对可转换债券的筹资决策做了深入研究^[3~6].他们从可转换债券发行者的角度,分析了在公司筹资过程中,如何对可转换债券的实施方案做出最优策略,而对可转换债券的发行条件的研究则只限于给出设计的基本原理和方法^[7,8],并且是对发行条件中的影响因素进行单独设计研究.本文尝试综合考虑几种影响因素,给出可转换债券的最优发行策略.

1 问题叙述与模型建立

在公司资产增加最大的前提下,综合考虑发行条件中票面利率、发行量和存续期限几个因素,确定最优转换速率,最后得出最优发行策略.首先建立转换速率与公司资产变化量之间的关系模型,在可转换债券的会计处理上,采用将可转换债券的发行收入全部作为负债计算,并单独作为长期负债的一个项目列示.所研究的公司资产的变化仅限于转股期内,对由于发行可转换债券而引起的公司资产的变化不予考虑.在转股期间,如果

发生转换,即投资者将持有的转券转换为公司的股票,则公司负债减少,权益相应增加,而对于未转换部分的债券,公司照债券票面利率付息.设可转换债券发行数量为 Q ,转股期限为 T ,单位时间的票面利率为 r ,并且作如下假设:

假设1 从开始转股时刻 $t=0$ 至转股到期日 $t=T$ 之前可转换债券均可以进行转换;

假设2 可转换债券在转股期限内全部被转换为公司股票;

假设3 可转换债券票面价值为1,即可转换债券的发行额等于发行量.

在时刻 $t \in [0, T]$ 累积转换量记为 $q(t)$,转换速率为

$$q'(t) = \frac{dq(t)}{dt}. \quad (1)$$

根据假设1、假设2有

$$\int_0^T q'(t) dt = Q. \quad (2)$$

因为可转换债券是一种稀释性证券,较高的转换速率会加大公司股本扩张的压力,加快稀释每股收益,给公司资产增加带来负面影响.假设在单位时间内,因转换速率而引起的公司总资产的变化量用函数 $F_1(t) = f_1(q'(t))$ 表示,在 t 时刻因转换速率而引起总资产的变化量记为 $J_1(t)$:

$$J_1(t) = \int_0^t F_1 dt = \int_0^t f_1(q'(t)) dt. \quad (3)$$

因转换速率引起的公司资产的变化量 $J_1(t)$ 关于

转换量 $q(t)$ 的变化率与转换速率成正比, 设其比例系数为 μ , 则

$$\frac{dJ_1(t)}{dq(t)} = \mu q'(t). \quad (4)$$

因为

$$\frac{dJ_1(t)}{dq(t)} = \frac{d \int_0^t f_1(q(t)) dt}{dq(t)} = \frac{f_1(q(t))}{q'(t)} = \mu q'(t), \quad (5)$$

所以有

$$F_1(t) = f_1(q'(t)) = \mu q'(t)^2. \quad (6)$$

在 t 时刻, 因转换速率引起的资产变化总量为

$$J_1(t) = \int_0^t F_1(t) dt = \int_0^t \mu q'(t)^2 dt. \quad (7)$$

对于未转换为股票的可转换公司债券, 发行人必须支付利息. 在 t 时刻未进行转换的债券数量为 $Q - q(t)$, 对于这一部分可转换债券需要支付利息. 单位时间内支付的利息额 $F_2(t)$, 以及截止到 t 时刻支付的利息 $J_2(t)$ 分别为

$$F_2(t) = (Q - q(t))r, \quad (8)$$

$$J_2(t) = \int_0^t F_2(t) dt = \int_0^t (Q - q(t))r dt. \quad (9)$$

由于转换的发生, 带来公司资产的增加, 会计处理方法采用帐面价值法^[9], 即被转换成新股的股东权益按转换日转券的帐面价值计算, 不确认转券的损益. 转换仅意味着潜在股东成为现实股东. 假设普通股票面值为 1, 若初始转股溢价为 λ , 则根据假设 3, 每转换一份债券, 公司资产增加量为 $1/(1+\lambda)$. 设转换量对资产变化量的影响系数 $\lambda' = 1/(1+\lambda)$, 则单位时间内由于转换引起公司资产的变化 $F_3(t)$, 以及截止到 t 时刻公司资产变化量 $J_3(t)$ 分别为

$$F_3(t) = \lambda' q'(t), \quad (10)$$

$$J_3(t) = \int_0^t F_3(t) dt = \int_0^t \lambda' q'(t) dt. \quad (11)$$

取公司资产增加为正, 资产减少为负, 由上面的分析得到, 在整个转换期内, 公司资产增加

$$J = J_3(T) - J_1(T) - J_2(T) = \int_0^T (\lambda' q'(t) - \mu q'(t)^2 - (Q - q(t))r) dt. \quad (12)$$

2 最优转换速率及最优决策

现在的问题是, 如何使公司资产增加最大. 这

是一个泛函变分问题, 即求泛函(12)在边界条件 $q(0)=0, q(T)=Q$ 下的极值. 泛函的被积函数记为

$$F = \lambda' q'(t) - \mu q'(t)^2 - (Q - q(t))r. \quad (13)$$

根据求泛函极值的欧拉方程^[10]

$$F_q - \frac{d}{dt} F_{q'} = \frac{\partial F}{\partial q} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial F}{\partial q'} \right) = 0, \quad (14)$$

得到二阶微分方程 $2\mu q''(t) + r = 0$, 解此微分方程, 并且代入边界条件 $q(0)=0, q(T)=Q$, 得

$$q(t) = \left(\frac{Q}{T} + \frac{rT}{4\mu} \right) t - \frac{rt^2}{4\mu}, \quad (15)$$

$$q'(t) = \left(\frac{Q}{T} + \frac{rT}{4\mu} \right) - \frac{rt}{2\mu}. \quad (16)$$

这就是泛函(12)取极值时的解, 也就是使公司资产增加最大时的转换量和转化速率. 将式(15), 式(16)代入式(12)得出公司资产增加最大量

$$J = \int_0^T \left(\lambda' \left(\frac{Q}{T} + \frac{rT}{4\mu} - \frac{rt}{2\mu} \right) - \mu \left(\frac{Q}{T} + \frac{rT}{4\mu} - \frac{rt}{2\mu} \right)^2 - \left(Q - \left(\left(\frac{Q}{T} + \frac{rT}{4\mu} \right) t - \frac{rt^2}{4\mu} \right) \right) r \right) dt = Q \left(-\frac{rT}{2} + \lambda' \right) + \frac{r^2 T^3}{48\mu} - \frac{Q^2 \mu}{T}. \quad (17)$$

将 $\lambda' = 1/(1+\lambda)$ 代入式(17), 得到公司资产变化量与初始发行条件之间的关系

$$J = Q \left(-\frac{rT}{2} + \frac{1}{1+\lambda} \right) + \frac{r^2 T^3}{48\mu} - \frac{Q^2 \mu}{T}. \quad (18)$$

最优转股期限 T^* , 由 $\frac{\partial J}{\partial T} \Big|_{T=T^*} = 0$ 求出:

$$\frac{\partial J}{\partial T} \Big|_{T=T^*} = -\frac{r}{2} Q + \frac{r^2 T^2}{16\mu} + \frac{Q^2 \mu}{T^2} = 0, \quad (19)$$

$$T^* = 2 \left(\frac{\mu Q}{r} \right)^{1/2}. \quad (20)$$

3 应用与分析

以首钢转债发行条件为例. 首钢转债于 2003 年 12 月 16 日发行, 发行量为 $Q = 20$ 亿元, 初始转股溢价为 $\lambda = 0.001$, 参数 μ 表示转股速率对每股收益的稀释程度, 这里采用简单资本结构, 即认为稀释性证券的稀释效果对每股收益的影响程度为 5%^[9], 则 $\mu = \frac{5\%}{2 \times 10^9 / 100} = 2.5 \times 10^{-9}$, 票面利率为每年 1.5%, 以天为单位时间, 假设每年实际支付利率天数为 360 d, 则 $r = 0.015/360 = 4.167 \times 10^{-5}$. 根据式(20)得到最优转股期限为 $T^* = 1.925$ a, 根据式(18)计算出总资产变化量

为 19.59 亿元.根据以上参数,作如下分析.

根据图 1 可知,转股期限与票面利率呈反方向变化,可转换债券票面利率越高,则最优转股期限越短.由于债券票面利率提高,使得公司的利息负担加大,发行公司在以公司价值最大化为目标时,应当缩短转股期限达到目标.如图 1 所示,在票面利率和转股溢价率不变的情况下,随着发行额的增大,最优转股期也应当相应增加.因为只有增大转股期,股票变动和升值的可能性增大,才有利于投资者的利益.

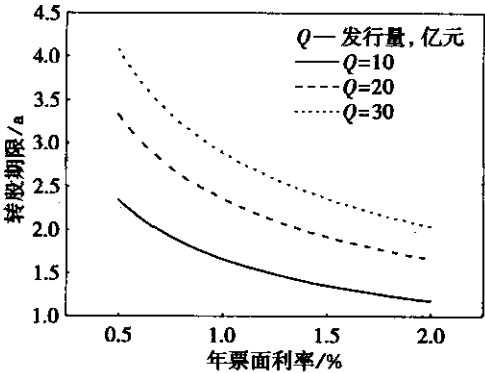


图 1 不同发行量下初始票面利率对转股期限的影响

Fig. 1 Influence of initial coupon rate on conversion period at differnr quantities issued

由图 2 和图 3 可知,可转换债券的转股期限越长,则相应的转股溢价率越高;反之,转股期限越短,转股溢价率越低.这是由于随着公司经营业绩的提高,每份股份所占有的净资产逐步增加,公司股票价格保持逐步增长的一般趋势.

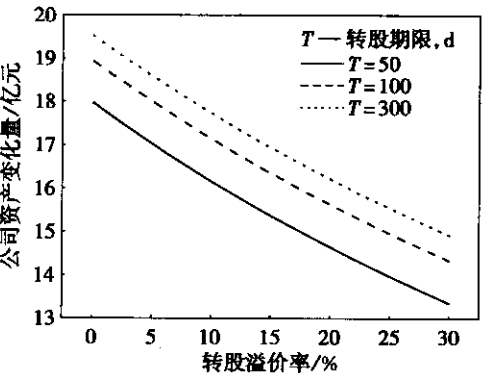


图 2 不同转股期下转股溢价率对公司资产的影响

Fig. 2 Influence of conversion premium rate on the asset of the firm issuing bond at different conversion periods

如图 4 所示,在其他条件不变时,公司资产量随转股溢价率升高而降低,较高的转股溢价率阻碍了转股的进行,致使公司资产没有因转股而增加,反而要负担债券的利息.票面利率升高,而转股溢价率却随之降低,较高的票面利率会增加可转换债券的价值,有利于转股,而较低的转股溢价

率又会加速转股,这样公司股权会被迅速稀释.同时较高的票面利率,意味着如果债券不被及时转股,公司要支付较高利息.由上图可以看出在票面利率较高的情况下,公司仍应该制定较低的转股溢价率,努力实现转股,从而减少负债,而此时公司资产收益的增加可以弥补股权的稀释.

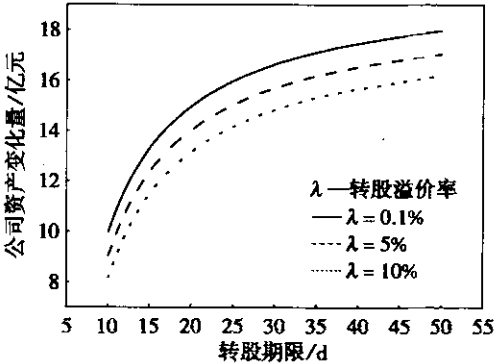


图 3 转股期限与转股溢价率和公司资产之间的关系

Fig. 3 Relationship among the conversion periods, premium rate and the firm's assets

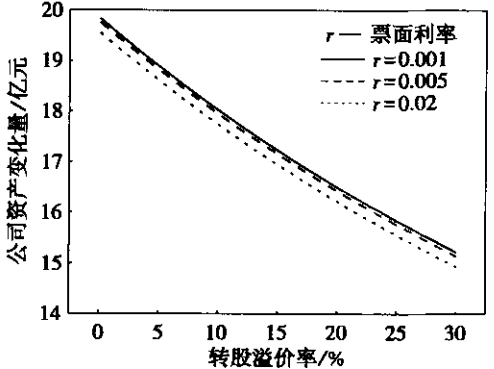


图 4 不同票面利率下转股溢价率对公司资产的影响

Fig. 4 Influence of premium rate on firm's assets at different coupon rates

4 结 语

以公司价值最大化为目标,建立了转换速率与公司资产变化量之间的关系,运用泛函变分原理,给出了可转换债券发行条件的设计方法.分析了发行条件中票面利率、发行量、转股溢价率和转股期限之间的关系,为决策者制定最优发行策略提供了理论依据.

本文只对可转换债券的初始发行条件做了技术分析.现在我国大多数可转换债券实行浮动票面利率,而且在发行条款中也大多制定出对转股价格进行特别修正的条款,即转股溢价率随股价和转股价格波动而随机波动,但仍可以根据本文方法对剩余转股期内任意时刻的各项指标因素做出评价.

参考文献：

[1] Mikkelson W , Dann L. Convertible debt issuance , capital structure change and financing-related information : some new evidence[J]. *Journal of Financial Economics* , 1984 , 13 (2) : 157 - 186 .

[2] Brennan M J , Schwartz E S. Convertible bonds : valuation and optimal strategies for call and conversion[J]. *Journal of Finance* , 1977 , 32 (6) : 1699 - 1715 .

[3] Ingersoll J. An examination of corporate call policies on convertible securities[J]. *Journal of Finance* , 1977 , 32 (5) : 463 - 478 .

[4] Alexander G J , Kuhanu D B. Market timing strategies in convertible debt financing[J]. *Journal of Finance* , 1979 , 34 (1) : 143 - 155 .

[5] Harris M , Raviv A. A sequential model of convertible debt call policy[J]. *Journal of Finance* , 1985 , 40 (2) : 1263 - 1282 .

[6] Wilmott P , Howison S. *The mathematics of financial derivatives : a student introduction* [M]. Cambridge : Cambridge University Press , 1995 . 99 - 120 .

[7] 柯大钢 陈军 李永宏 . 可转换债券发行条件设计的技术分析 [J]. 西安交通大学学报 (社会科学版) , 2000 , 20 (4) : 39 - 41 .

(Ke D G , Chen J , Li Y H. Technical analysis of the design of indenture for convertible bonds [J]. *Journal of Xi ' an Jiaotong University (Social Sciences)* , 2000 , 20 (4) : 39 - 41 .)

[8] Brennan M J , Schwartz E. Analyzing convertible bond [J]. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* , 1980 , 15 (4) : 907 - 929 .

[9] 刘立喜 . 可转换公司债券 [M]. 上海 : 上海财经大学出版社 , 1999 . 185 - 190 .

(Liu L X. *Convertible bond* [M]. Shanghai : Shanghai University of Finance and Economics Press , 1999 . 185 - 190 .)

[10] 吴迪光 . 变分法 [M]. 北京 : 高等教育出版社 , 1987 . 55 - 65 .

(Wu D G. *Calculus of variations* [M]. Beijing : High Education Press , 1987 . 55 - 65 .)

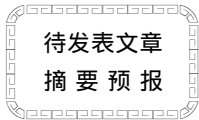
Design of Optimal Strategy for Convertible Bond Issuance

WANG Zhu-fang , PAN De-hui
(School of Business Administration , Northeastern University , Shenyang 110004 , China. Correspondent : WANG Zhu-fang , E-mail : sisi200000415 . student @ sina . com)

Abstract : Considering the factors related to the issuance of convertible bond , a model is developed to express the relationship between conversion rate and asset variation of the firm issuing the bond with the maximization of the firm 's gross assets taken as the objective . The functional calculus is introduced to determine the optimal conversion rate so as to optimize the issuance strategy of convertible bond , thus offering a new way for the design of original indenture for convertible bond . For example , the way proposed is applied to the SHOUGANG convertible bond to analyze the influence of coupon rate and optimal conversion period on the conversion premium rate . A conclusion is drawn that in this way the result of such an analysis is practically in agreement with the issuance indenture for the convertible bond and that its effectiveness is therefore verified .

Key words : convertible bond ; original indenture ; optimal strategy ; generalized functions ; calculus of variation ; Euler equation
(Received March 1 , 2005)

=====



6111 铝合金在冷轧过程中织构的变化
陈 扬 , 赵 刚 , 刘春明 , 左 良

采用取向分布函数(ODF)分析并研究了 6111 铝合金在冷轧过程中织构的演变及轧制工艺对冷轧织构的影响 . 结果表明 , 6111 铝合金冷轧后 , 主要轧制织构组分均为 Copper 织构组分、S 织构组分和 Brass 织构组分 ; 冷轧过程中 , 在一定条件下会产生较强的旋转立方织构 , 而且继续轧制时 , 随着轧板的减薄 , 旋转立方织构会迅速减弱 , 而 Copper , Brass , S 等正常轧制织构组分迅速增强 . 此外 , 在总轧制形变量相同的条件下 , 随着道次压下率的提高 , 轧制织构减弱 .

一种鲁棒直接自适应模糊控制算法
张明君 , 张化光

针对一类含有不确定项的非线性系统 , 提出了一种鲁棒直接自适应模糊控制算法 . 首先 , 该算法中用广义模糊双曲正切模型逼近系统的等价控制项 ; 之后 , 设计了双曲正切函数的鲁棒补偿项 , 从而得到一种没有抖振的平滑控制输入 . 在系统的控制增益已知、部分已知和未知三种情况下 , 利用 Lyapunov 函数证明了采用上述控制策略保证了控制系统跟踪误差收敛到原点的一个小的邻域内 , 且所有的变量一致有界 . 仿真例子说明了该算法的有效性 .